

Jan Lentschke (Hrsg.)

Konglomerat Geographischer Arbeiten

—

**Festschrift für Hilmar Schröder
zum 65. Geburtstag**

Berlin 2018

Berliner Geographische Arbeiten

Konglomerat Geographischer Arbeiten – Festschrift für Hilmar Schröder
zum 65. Geburtstag

Jan Lentschke (Hrsg.)

Berlin 2018, Heft 121

ISBN: 3-9811773-8-1

ISSN: 1430-4775

© 2018 Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin

Für den Inhalt dieser Veröffentlichung sind ausschließlich die Autoren verantwortlich.
Alle Abbildungen, Tabellen, Fotos usw. stammen, soweit nicht anders beschriftet, von
den Autoren.

GIS-gestützte Interpretation der Genese und räumlichen Verteilung von Böden in Metropolregionen im Vergleich

Mohamed Ali Mohamed

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Boden stellt eine wesentliche Lebensgrundlage der menschlichen, tierischen und pflanzlichen Existenz dar. So übernimmt der Boden als Naturkörper wichtige Funktionen, z. B. Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, als Bestandteil im Naturhaushalt, als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen, als Archiv der Naturgeschichte sowie als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Produktion. Außerdem archiviert er die Eingriffe des Menschen und dokumentiert so die historische Entwicklung der Industriegesellschaft (MEUSER 1996, SCHEFFER et al. 2010). Darüber hinaus erfüllen die Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume (= Stadtböden) eine Reihe anderer wichtiger Funktionen, z. B. als Fläche für Siedlung und Erholung, Verkehr, Rohstoffquelle, Ver- und Entsorgung. Boden ist außerdem nur in endlichen Mengen vorhanden und in menschlichen Zeiträumen gemessen nicht erneuerbar und nicht vermehrbar.

Der anthropogene Nutzungsdruck führt in den Ballungsräumen zu einem stetig ansteigenden Flächenverbrauch sowie intensiven Bodenveränderungen und Bodenbelastungen (BLUME 1996). Vielfach sind die natürlichen Bodenfunktionen durch Versiegelung, Bodenabtrag und -auftrag, Verdichtung, Eintrag von Schadstoffen und Eutrophierung stark eingeschränkt (HELMES 2004).

Die Bodenkunde fand die Stadtböden lange Zeit uninteressant. Entweder wurden sie aufgrund der heterogenen Bodenzusammensetzung als nicht kartierbar oder aufgrund der jungen Ablagerung als frei von Bodenbildung angesehen (BURGHARDT 1996, KNEIB & SCHEMSCHAT 2004, HELMES 2004). Viele Bodenkarten weisen noch heute im Bereich der dicht besiedelten Räume nicht untersuchte Flächen aus, so auch die vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) erarbeitete Bodenübersichtskarte Bayerns. Da jedoch der Boden eine nicht vermehrbare Ressource darstellt und Bodenveränderungen oder -belastungen nicht oder nur unter einem hohen finanziellen Aufwand behoben werden können, kommt der wissenschaftlichen Untersuchung urbaner Böden eine wichtige Rolle zu.

Bei der Begutachtung urbaner Böden zeigen sich meist komplizierte Verhältnisse: reguläre und illegale Ablagerungen liegen eng beieinander, deponierte Substrate werden überschwemmt oder durch Grundwasser beeinflusst und atmosphärische Stoffeinträge verändern die Böden zusätzlich (MEKIFFER 2008). Sie sind häufig durch hohe Skelettgehalte gekennzeichnet, was eine Veränderung von Speichergrößen und Fließquerschnitten bewirkt. Damit verbunden ist eine Reduzierung des Feinbodengehaltes als Träger der natürlichen Bodenfunktionen (BURGHARDT 2002). Im Ergebnis dessen ist die Heterogenität der Böden in urbanen Räumen sehr hoch und ihre Eigenschaften variieren stark auf engstem Raum.

Die erste Untersuchung an Städtischen Räumen führte RUNGE (1975) für Westberliner Böden durch (HELMES 2004). Mit der Gründung des Arbeitskreises Stadtböden (AKS) der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft wurde 1987 dem Informationsdefizit im Bereich der Stadtböden Rechnung getragen. Seine erste Aufgabe bestand darin, die vereinzelt vorhandenen Kenntnisse zu den Stadtböden zu sammeln, zu strukturieren sowie ein erstes Konzept zur Kartierung von urbanen Böden zu entwickeln. Dazu wurden 1989 die Empfehlungen zur bodenkundlichen Kartierung von Stadtböden herausgegeben (AKS 1989). 1993 bis 1996 wurde ein seitens des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) gefördertes Verbundvorhaben zur Bewertung anthropogener Stadtböden durchgeführt. Die von den beteiligten Universitäten und Institutionen durchgeführten Untersuchungen verfolgten das Ziel, die Kenntnisse über die Stadtböden hinsicht-

lich Genese, Klassifikation, Ökologie, Funktion und Verteilungsmuster zu verbessern (Blume & Schleuss 1997). Aus den Ergebnissen entwickelte der AKS 1997 die 2. Auflage der Empfehlungen zur bodenkundlichen Kartierung von urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden) (AKS 1997a, 1997b). Seit der Gründung des AKS liefen verschiedene Forschungsprojekte zu den Themen Stadtbodenkartierung, Entwicklung von Stadtbodenkarten und Eigenschaften von Stadtböden z. B. in den Städten Berlin (GRENZIUS & BLUME 1983, GRENZIUS 1987, MEKIFFER 2008), Hamburg (KNEIB & MIEHLICH 1987, KNEIB & BRASKAMP 1990, WOLFF 1993, 1996), München-Allach (SUTTNER et al. 1993), Hannover (SCHNEIDER 1996), Stuttgart (HOLLAND & STAHR 1995, HOLLAND 1996), Saarbrücken (HELMES 2004) und München (GEITNER et al. 2007). Trotz der bereits durchgeführten Forschungsprojekte ergeben sich im Bereich der urbanen Böden im Vergleich zu den forstwirtschaftlich oder landwirtschaftlich genutzten Böden noch immer große Informationsdefizite.

In der Bundesrepublik Deutschland werden ca. 11,5 % des Bundesgebiets als Siedlungs- und Verkehrsflächen genutzt (MOHAMED 2010). In Großstadregionen und Ballungsräumen bestehen dabei Versiegelungsanteile von über 50 % (PREETZ 2003). Bundesweit werden jeden Tag etwa 130 ha meist landwirtschaftlich genutzte Flächen in Siedlungs- oder Verkehrsflächen umgewandelt (MOHAMED 2010). Seit der Verabschiedung der Bodenschutzkonzeption durch die Bundesregierung 1985 wird in der Bundesrepublik Deutschland angestrebt, Bodenschutz hohe Aufmerksamkeit zu widmen. Schließlich wird der Bodenschutz im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) im Jahr 1998 gesetzlich fest verankert. Mit Inkrafttreten des BBodSchG ergibt sich für die Kommunen die Pflicht des vorsorgenden Bodenschutzes. Zweck des BBodSchG ist es, „nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen (§ 1 BBodSchG, aus BBSG 1998). Um den gesetzlichen Forderungen nachkommen zu können, sind detaillierte Kenntnisse zu den urbanen Böden zwingend notwendig.

An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an und leistet einen Beitrag zur bisher nur wenig erforschten Ableitung von räumlichen Verbreitungen von Böden in Metropolregionen auf Basis von Bodengenese und räumlichen Auswirkungen der menschlichen Aktivität. Erforscht werden unter anderem Flächen, die bisher kaum im Interesse der stadtbodenkundlichen Untersuchungen in den Metropolregionen lagen. Die vorliegende Arbeit umfasst somit den Vergleich und die Diskussion der Genese von metropolen Böden sowie ihre Verteilung nach Ihrer Nutzung in der Metropole Stadt Berlin und der Metropolregion Erlangen-Nürnberg-Fürth-Schwabach. In diesem Zusammenhang hilft diese Untersuchung, das Verständnis der städtischen Böden zu erhöhen, den allgemeinen Trend der Genese der metropolen Böden und ihre Verteilung zu erkennen und die Zusammenhänge zwischen den Bodeneigenschaften (den Bodenverhältnissen) und der heutigen Landnutzung festzulegen. Das bietet wiederum einen umfassenden Überblick über die Rolle der menschlichen Tätigkeit bei der Veränderung der "natürlichen" Richtung der Bodenbildung in Metropolregionen und somit kann das die Belastung anthropogen veränderter metropolen Böden einschätzen sowie fundierte Aussagen zur Beeinträchtigung der natürlichen Böden in städtischen Räumen ermöglichen. Dementsprechend ermöglichen die Ergebnisse solcher Untersuchungen, die Prozesse und Funktionen des Bodensystems in Großstädten zu verstehen.

2 Untersuchungsgebiete

2.1 Lage, Abgrenzung und Klima

Die Metropole Stadt Berlin stellt das Kerngebiet der europäischen Metropolregion Berlin-Brandenburg¹⁾ dar. So ist Berlin in seiner Funktion als Bundeshauptstadt und metropolitanes Zentrum der Region von einem suburbanen Verdichtungsraum mit teilweise ländlichem Charakter um-

¹ Die Metropolregion Berlin-Brandenburg wird seit 2010 in die drei Strukturräume Berlin, Berliner Umland und weiterer Metropolitanraum eingeteilt.

geben. Berlin liegt im nordöstlichen Teil der Bundesrepublik Deutschland an dem Fluss Spree. Ihre Grenzen reichen von 52°25'10,79" N bis 52°26'07,31" N und 13°25'08,52" E bis 13°28'46,10" E. Die Stadt Berlin ist mit 3,5 Millionen Einwohnern die bevölkerungsreichste und mit 891,75 km² die flächengrößte Gemeinde Deutschlands (Abb. 1). Die großen Gebiete der Berliner Kernstadt weisen die höchsten Besiedlungsdichten Deutschlands (Bevölkerungsdichte 3.800 EW/km²) auf (BEYER et al. 2002). Die Stadt besteht aus zwölf Bezirken. Neben den Flüssen Spree und Havel befinden sich im Stadtgebiet kleinere Fließgewässer sowie zahlreiche Seen und Wälder. Rund ein Drittel der Stadt besteht aus Wäldern, Parks, Gärten, Flüssen und Seen. Aufgrund seiner Lage in der nord-europäischen Ebene ist Berlin von einem gemäßigten saisonalen Klima beeinflusst. Klimatisch liegt die Stadt in einem Grenzbereich zwischen ozeanisch und kontinental geprägtem Klima sowie einem Übergangsbereich zwischen semihumid und semiarid. Das langjährige Mittel des Niederschlags beträgt 580 mm und die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 8,9 °C in Berlin-Dahlem. Das langjährige Mittel der Niederschlagsverteilung für das westliche Stadtgebiet bewegt sich zwischen 630 und 530 mm (GRENZIUS 1987). Die wärmsten Monate sind Juli und August mit durchschnittlich 19,1 °C beziehungsweise 18,2 °C und der kälteste der Januar mit 0,6 °C im Mittel.

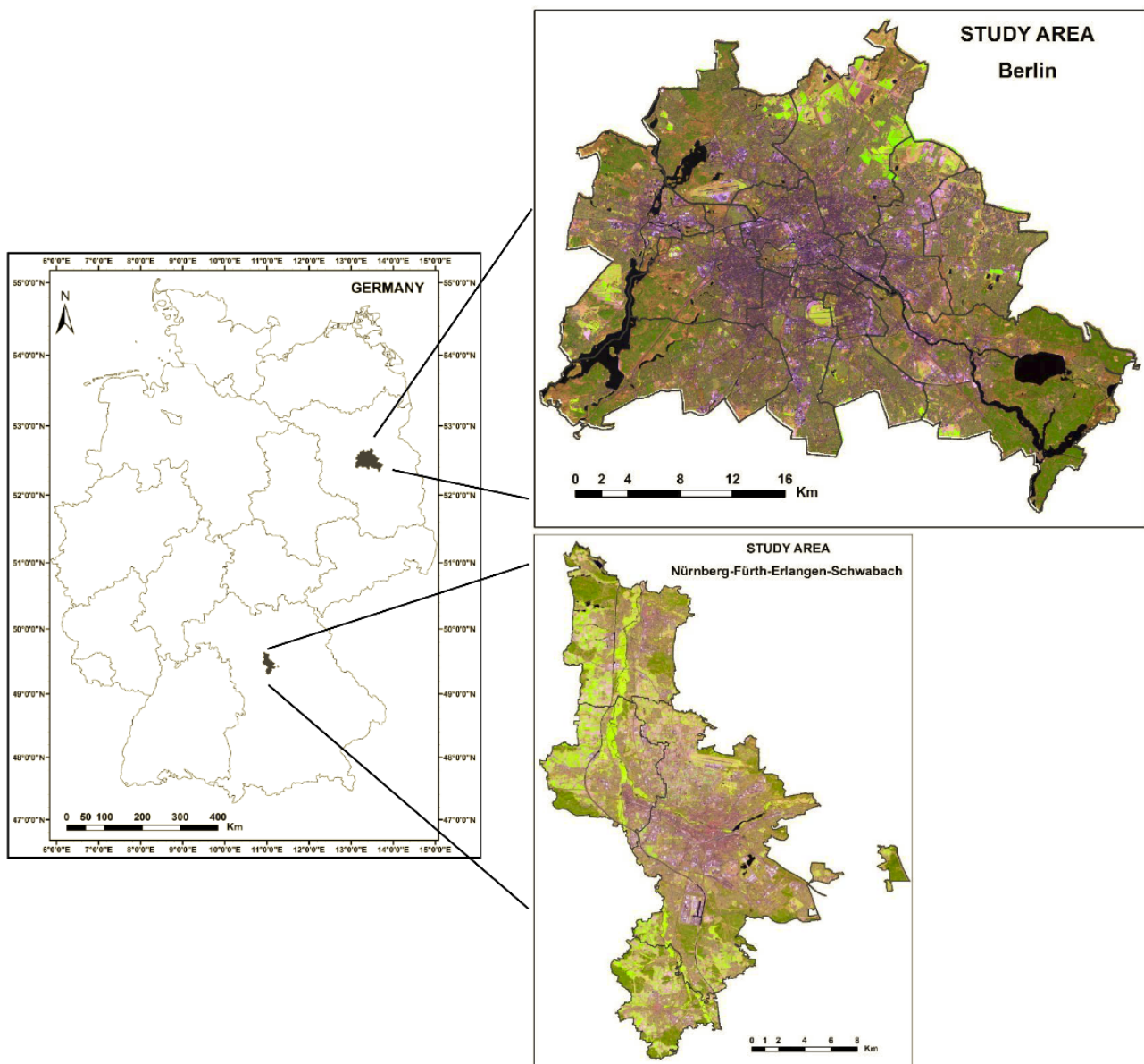


Abb. 1: Position der Untersuchungsgebiete und Falsch-Farbkomposition von Landsat TM Bild (Bänder 5, 4 und 3 als RGB)

Zur Innenstadt hin ergibt sich ein für Ballungsgebiete charakteristischer Temperaturgradient, der die Überwärmung der Innenstadt gegenüber den Außenbereichen widerspiegelt. So schaffen die bebauten Flächen in der Stadt ein Mikroklima, indem die Wärme von den Gebäuden der Stadt gespeichert wird. Die Temperaturen können in der Innenstadt bis zu 4°C höher als in den umliegenden Gebieten sein.

Die Metropolregion Nürnberg-Fürth-Erlangen-Schwabach (ENFS) stellt den metropolitanen Zentrumsbereich der Europäischen Metropolregion Nürnberg²⁾ dar. Die Region befindet sich im südlichen Teil der Bundesrepublik Deutschland. Diese Region gehört zum mittelfränkischen Becken (Abb. 1). Sie erstreckt sich zwischen 49°24'49,69" N bis 49°29'42,53" N und 10°56'09,14" E bis 11°01'27,50" E mit einer Fläche von 367,46 km² und wird durch die Verwaltungsgrenzen der Städte Erlangen, Nürnberg, Fürth und Schwabach umfasst. Die Region befindet sich in einem humiden kühlgemäßigten Übergangsklima zwischen kontinentalem und atlantischem Klima. Das Klima der Region ist beeinflusst durch ihre Binnen- und Höhenlage. Dies erzeugt saisonale Unterschiede, wie die Unterschiede, die in dem kontinentalen Klima erscheinen. Allerdings ist die Wintersaison etwas milder. Die monatlichen Durchschnittstemperaturen schwanken zwischen -1,4 °C im Januar und 18 °C im August. Die Jahresmitteltemperaturen zwischen 8 °C und 9 °C sind verhältnismäßig hoch. Die Wintersaison ist kälteres Wetter, so dass die Durchschnittstemperatur bei -3 °C bis 4 °C liegt, während die Sommer im Allgemeinen warm sind, meistens liegt die Durchschnittstemperatur um 13 °C. Der Unterschied Stadt/Umland ist zwar in der Region deutlich ablesbar, bleibt aber aufgrund der verschiedenen Siedlungsschwerpunkte im Mittel unter 1 °C. Die Jahresmenge des Niederschlags beträgt 644 mm (Station Nürnberg) und ist während des ganzen Jahres gleichmäßig verteilt, obwohl Februar und April dazu neigen trockener zu sein, während der Juli meist mehr Niederschlag hat.

2.2 Naturräumliche Differenzierung, Geologie und das entstandene Ausgangsmaterial

Berlin liegt mitten im älteren Jungmoränengebiet Norddeutschlands zwischen dem Baruther und dem Eberswalder Urstromtal. Dieses Gebiet hat zwischen der Oder im Osten und der Havel im Westen eine Nord-Süd-Erstreckung von rund 100 km. Seine Oberflächenformen sind das Ergebnis der weichselzeitlichen Inlandeisbedeckung (Abb. 2). Von besonderer Bedeutung für die Formung der Landoberfläche war das Rückschmelzgeschehen auf den vom Inlandeis freigegebenen Flächen, das vor etwa 20.000 Jahren begann und nur wenige Jahrtausende andauerte (NITZ 2015). Das dadurch geschaffene glaziale Grundgerüst des Reliefs wurde durch periglaziale und holozäne geomorphologische Prozesse nachfolgend modifiziert.

Die Morphologie des Berliner Raumes ist von den drei Inlandvereisungen des Pleistozäns und insbesondere während der jüngsten Vereisungsphase geprägt. Charakteristisch sind das breite, vorwiegend aus sandigen und kiesigen Ablagerungen bestehende Warschau-Berliner Urstromtal, Schmelzwasserrinnen und Hochflächen der Grundmoränen (Abb. 3). Das Warschau-Berliner Urstromtal, das nahezu in ostwestlicher Richtung verläuft, trennt die „Barnim-Hochfläche“ im Norden von der „Teltow-Hochfläche“ im Süden und der „Nauener Platte“ im Westen der Stadt Berlin. Mit einem geringen Höhenunterschied zwischen 30 und 40 m ü. NHN wurde das Berliner Urstromtal schon während der Saaleeiszeit als Talstruktur angelegt und hatte während der Weichseleiszeit die Funktion des Abflusstales der Schmelzwässer der Frankfurter Phase. In diesen Kaltzeiten wurden unterschiedliche Materialien abgelagert (Feinsande, Mittelsande, Grobsande bis Kiese, Kiese mit Geschieben und Reste von ausgewaschenen Grundmoränen) (ASSMANN 1957).

2 Die Europäische Metropolregion Nürnberg (EMN) erstreckt sich mit ihren 21.349 km² über das gesamte Ober- und Mittelfranken, Teile Unterfrankens und der Oberpfalz. Das entspricht fast einem Drittel der gesamt-bayerischen Fläche von 70.550 km² und deckt dabei weit mehr als den metropolitanen Zentrumsbereich um Nürnberg-Fürth-Erlangen-Schwabach ab. Die 22 Landkreise der Metropolregion sind in ihrer Fläche mit 20.533 km² um mehr als zwanzig Mal größer als die 11 kreisfreien Städte mit knapp über 800 km² (EMNM 2012).

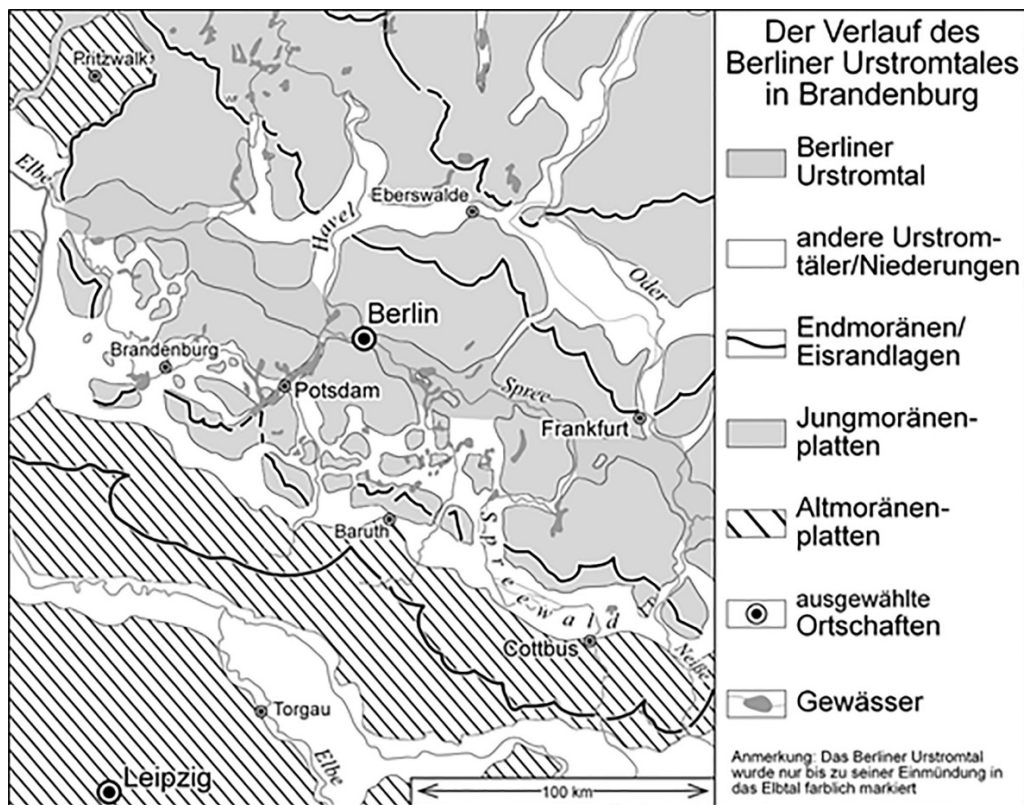


Abb. 2: Position von Berlin mitten im älteren Jungmoränengebiet Norddeutschlands zwischen dem Baruther und dem Eberswalder Urstromtal (UMWELTATLAS BERLIN 2008).

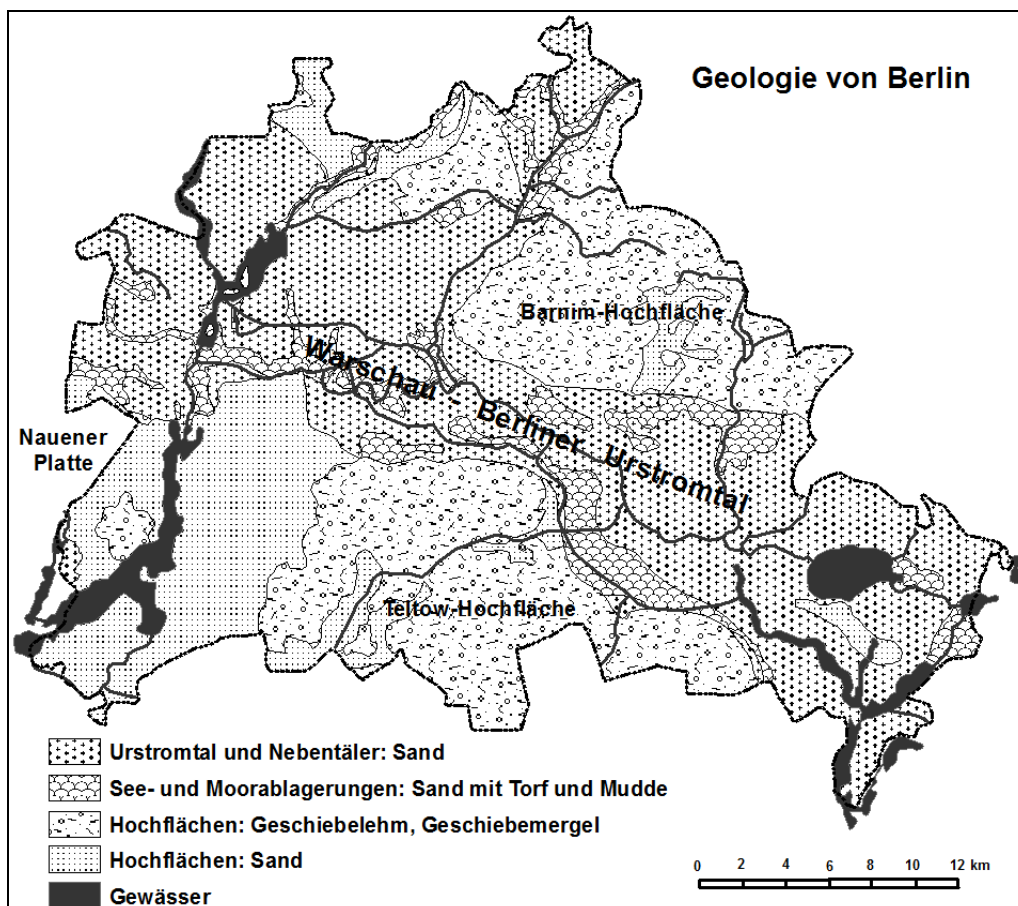


Abb. 3: Die wichtigsten morphologischen Einheiten in Berlin (UMWELTATLAS BERLIN 2008).

Das sehr geringe Gefälle des Urstromtals (z. B. Spree 0,1 %) und der hohe Grundwasserstand verursachten zum anderen die Bildung von holozänen torfigen und anmoorigen Böden. Auch abflusslose Senken, Rinnen und Kolke können mit diesen Ablagerungen gefüllt sein. Beide Hochflächen Barnim und Teltow, deren Geländehöhen durchschnittlich 40 bis 60 m ü. NHN erreichen, stellen die glazialen Aufschüttungen (Geschiebemergel) von Grundmoräne dar (Grundmoränenflächen). Einzelne Höhen erheben sich im Berliner Raum bis über 100 Meter über das Meeresniveau, als Beispiele sei hier der Große Müggelberg (Ortsteil Friedrichshagen) als anstehender Rest von Endmoränenbildungen genannt, der vorwiegend aus Sanden mit Stauchungsmerkmalen besteht und die höchste natürliche Bodenerhebung mit 115,4 m ü. NHN darstellt und der aus Trümmerschutt des zweiten Weltkriegs künstlich aufgeschüttete Teufelsberg (Ortsteil Grunewald) mit von 114,7 m ü. NHN. Die Nauener Platte, die sich über ihr Umland durchschnittlich 15 Meter erhebt, entstand als Teil der Warschau-Berliner-Nauener Platte in der Saaleeiszeit und der letzten Eiszeit (Weichseleiszeit). Es überwiegen z. T. flachwellige, Grundmoränenbildungen (Moräne, sandüberdeckte Moräne, Hochflächensande).

Das Ausgangsgestein zur Bodenbildung, das die naturräumliche Differenzierung des Berliner Gebietes widerspiegelt, ist bestimmend für die Bodentypen. Für Berliner Böden besteht das Ausgangsgestein aus eiszeitlich geprägten Lockersedimenten, nacheiszeitlichen Torfen und Beckensedimenten sowie aus Aufschüttungen natürlichen Bodenmaterials (z. B. Bodenaushub, Kies) oder nicht natürlichen Materialien (z. B. Trümmerschutt, Bauschutt, Schlacken). Geschiebelehme und Geschiebemergel der Grundmoränen, die sich aus meist lehmigem bis stark lehmigem Sand zusammensetzen und etwa 20 % Kalkgehalt aufweisen, sind vorwiegend auf den Hochflächen des Gebietes verbreitet (GRENZIUS 1987, GERSTENBERG & SMETTAN 2015). Geschiebesande dominieren teilweise auf diesen Hochflächen. Bei Geschiebesanden handelt es sich vorwiegend um Mittelsand bis schwach schluffigen Mittelfeinsand mit Stein- und Kiesgehalten unter 10 %. Mittel- bis feinsandige Talsande dominieren im Urstromtal, mittel- und feinsandige Flusssande, Torfe und schluffig/tonige Mudden bzw. Seekreiden sind in den Schmelzwasserrinnen, feine Flugsande in den Dünen zu finden. Die Aufschüttungen von technogenen Substraten sind häufig als grobes Schuttmaterial verbreitet (GERSTENBERG & SMETTAN 2015). Demzufolge wechseln sich im Berliner Stadtgebiet naturnahe und anthropogen geprägte Bodentypen ab.

Die Metropolregion ENFS gehört zum Mittelfränkischen Becken (Keuperbecken). Mit seinen 2.200 km² Fläche ist das Mittelfränkische Becken Haupteinheit in der naturräumlichen Haupteinheitengruppe Fränkisches Keuper-Lias-Land im Südwestdeutschen Schichtstufenland (Abb. 4). Im Osten und Süden wird das Mittelfränkische Becken von der Frankenalb (Jura), im Nordwesten von den Mainfränkischen Platten und im Westen von den Gäuplatten umgeben (Abb. 5). Tektonische Bewegungen beim Aufstieg der Alpen hoben die Sedimentschichten und stellten sie leicht schräg (ca. 2° Neigung). Durch die unterschiedliche Verwitterungsanfälligkeit der Gesteine entstand die typische Stufenlandschaft.

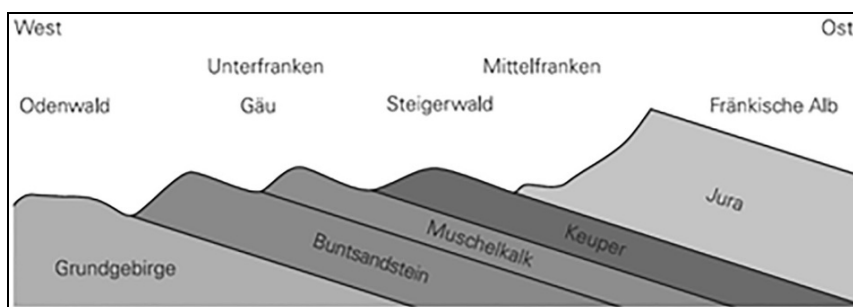


Abb. 4: Schematisches geologisches Profil vom fränkischen Schichtstufenland und Position des Mittelfränkischen Beckens (BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR UMWELT 2009a).

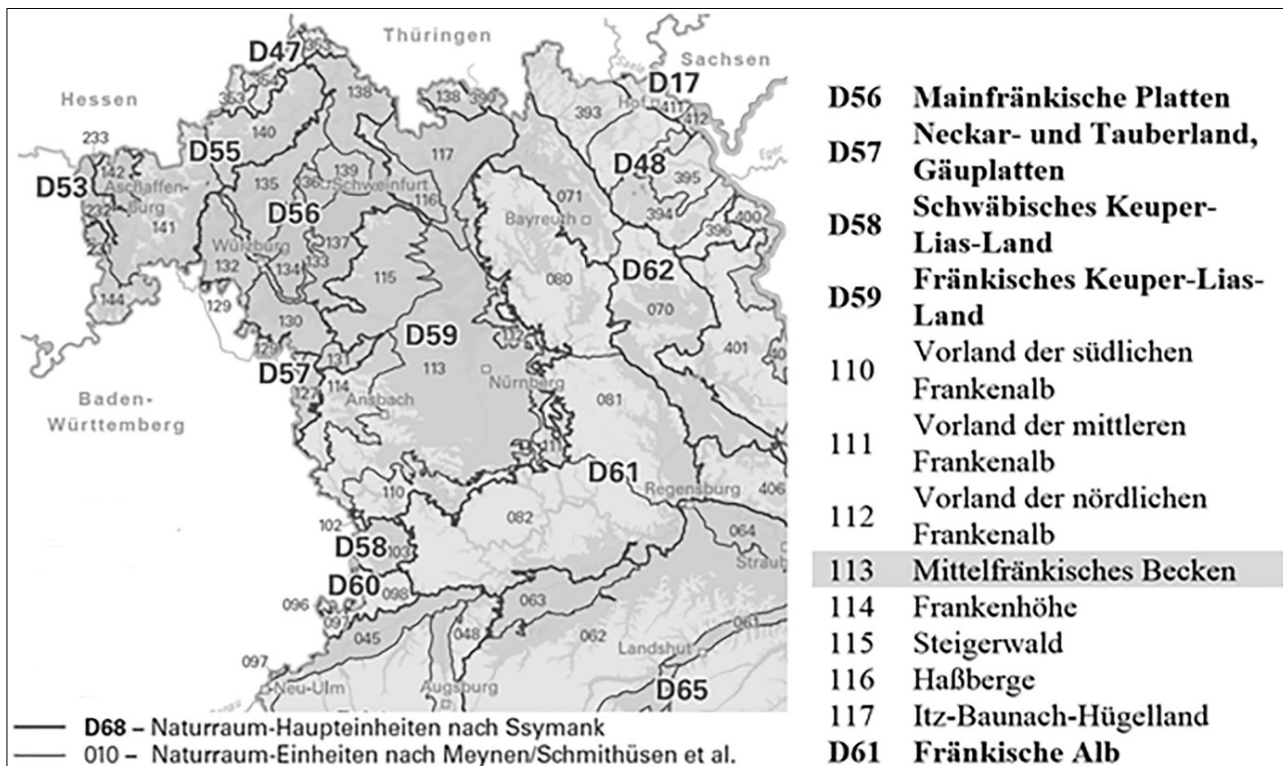


Abb. 5: Ausschnitt der Karte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten in Bayern (BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR UMWELT 2009b).

Das Mittelfränkische Becken wird aus den Keupersandsteinen (meist Bursandstein) der Trias (Alter ca. 230-200 Mio. Jahre) gebildet. Während und nach der Eiszeit wurde der geologische Aufbau durch Wind und Wasser stark überformt. Die Sand- und Schotterablagerungen quartären Ursprungs setzen sich aus fluviatilen Ablagerungen des Holozäns (Kiese, Sande, Lehme) zusammen. Entlang der Talränder z. B. von Regnitz und Pegnitz bildeten sich mehr oder weniger große Terrassen aus pleistozänen Ablagerungen (Sande, Schotter und Schluffe). Diese sich morphologisch gut abzeichnenden Sedimente erreichen z. B. im Nürnberg-Fürther-Raum eine Mächtigkeit von bis zu 30 m, wovon bis 20 m Terrassenbildungen unter der heutigen Talsohle erbohrt worden sind (SCHUMACHER 1987). Daneben treten Würgeböden, Solifluktuions- und Hangschutt, allerdings weniger umfangreich auf. In zwischengeschalteten Trockenzeiten, bereits schon im Pleistozän, überwiegend aber in der Nacheiszeit, verwehen heftige Stürme, überwiegend aus dem Westen, aus dem kahlen, trockenen westlichen Vorland, Sande und Feinmaterial in die Region, die als Flugsande mit Dünen und als Löß den gewachsenen Untergrund in mehr oder weniger lockerer Form überdecken z. T. in mehreren Metern. Damit wurden auf älteren Terrassen z. T. umfangreichere Lößmassen abgesetzt. Im Osten des Mittelfränkischen Beckens (Randbereiche zum Regnitztal) wird der Sandsteinkeuper von Feuerletten, Rhät und Lias überlagert.

Die Ausgangsgesteine bilden die wesentlichen Grundlagen für Bodenbildung und Relief, weitere Einflussgrößen sind Stau- und Grundwassereinfluss sowie das Klima. Weil diese Faktoren in der Region stark variieren, ist in einem großen Teil der Region ein kleinteiliges Bodenmosaik vorzufinden. Im Keupersandsteinbecken, in dem in der Region Blasen- und Bursandstein vorherrschen, bilden sich bei den sandigen Substraten mehr oder weniger tiefgründige, in der Regel nährstoffarme, schwach saure Böden (SCHUMACHER 1987). Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung wechselt hier zwischen Sand- und Tonsteinen des Sandsteinkeupers. Entsprechend treten in der Region stark unterschiedliche Böden auf, die z. T. kleinräumig wechseln. Die Bodenverhältnisse werden allgemein vor allem vom geologischen Ausgangsmaterial, der Morphologie, dem Stau- und Grundwassereinfluss sowie – im städtischen Räumen der Region besonders – von

der Nutzung durch den Menschen bestimmt. Die Sandsteinverwitterungsböden besitzen einen geringen Nährstoffgehalt und geringes Wasserhalte- und Sorptionsvermögen, so dass häufig podsolige Bodenbildungen vorkommen. Auf Sandstein (Burgsandstein) ist der bezeichnende Bodentyp mehr oder weniger podsolierte Braunerde. Auf Tonstein mit Mergel und geringer Sandverschneidung überwiegen Pelosole und Pelosol-Braunerden. Die Böden im Bereich des Lias sind z. T. kalkhaltig und zeichnen sich meist durch eine hohe überdurchschnittliche Bodenfruchtbarkeit aus. Auf Flugsandvorkommen sowie auf Terrassensanden der Täler z. B. im Regnitztal finden sich ebenfalls podsolige Bodenbildungen. Auf den kiesigen Sanden der Terrassen, wo mehrfach im Unterboden Tone oder Letten, auch zwischengeschaltet, anstehen, entwickeln sich mittel- bis tiefgründige, humose Braunerden oder auch Pseudogleye. Bei Löß(lehm)auflagen besteht die Tendenz zur Pseudovergleyung und somit ist bei Staunässe auf Sandstein (über Letten) Pseudogley zu finden. Auf den alluvialen Talböden (Auelehm) kommen Gleye und Naßgleye – teils auch mit Übergang zu Anmoorgley – vor. In Vernässungsbereichen auf tonigem Untergrund sowie in der Umgebung von Gräben und Bächen sind anmoorige Böden bekannt. In manchen Tälern überwiegen lehmige Aueböden; kleinflächig kommen auch Niedermoorböden vor.

3 Material und Methoden

Die Erhebungen der Bodendaten im Gelände sind sehr zeit- und kostenaufwändig. Durch eine vorgeschaltete Auswertung bereits vorhandener Datengrundlagen kann der Aufwand zur Erhebung stadtbodenkundlicher Informationen im Feld minimiert werden. Mit Hilfe Geographischer Informationssysteme (GIS) können heute bereits sehr große Datenmengen, wie sie insbesondere beim Verschneiden mehrerer Kartenebenen entstehen, leicht verarbeitet werden. Digital erstellte Konzeptkarten sind jederzeit erweiterbar und vereinfachen die Regionalisierung der im Feld erhobenen Informationen (vgl. AKS 1997b, GRENZIUS 1993, HELMES 2004). Die umfangreichen Datengrundlagen von Böden und Landnutzungen für die beiden Untersuchungsgebiete wurden von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung der Stadt Berlin und dem Bayerischen Landesamt für Umwelt und der Bayerischen Vermessungsverwaltung in digitaler und analoger Form für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt (Tab. 1 und 2).

Tab. 1: Karten und Datengrundlage für die Metropole Stadt Berlin

Karte	Maßstab	Jahr/Stand
Flächennutzungsplan	1:35.000	1965, 1984, 1994
	1:50.000	1998, 2004, 2009, 2015
Bodengesellschaften-Karte	1:50.000	1990, 1998, 2005, 2013
Bodenschätzungskarte	1:50.000	2001, 2005, 2010
Topographische Karte	1:5.000	2001, 2003, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014
Geologische Karte, Geologische Skizze	1:10.000	1990, 2013
	1:50.000	
Übersichtskarte von Berlin	1:50.000	2015
Grün- und Freiflächenbestand	1:50.000	1990, 2000, 2001, 2005, 2010

Alle Daten und Karten, die in dieser Untersuchung verwendet werden, wurden systematisch in GIS überarbeitet und bearbeitet. Die digitalen Datengrundlagen (die räumlichen Daten mit ihren Attributen-Daten) der Böden der beiden Untersuchungsgebiete, die teilweisen Informationen zur aktuellen Bodennutzung, Reliefformtypen und zum Versiegelungsgrad enthalten, bilden die Grundlage zur Interpretation der Genese und Verteilung von Böden in diesen Untersuchungsgebieten. Die anderen Grundlagen, Karten und klassifizierte Landsatbilder, die als Primärdaten zur Verfügung gestellt wurden, wurden zur vollständigen Überarbeitung der Datengrundlagen der Böden mit Hilfe von GIS im Rahmen dieser Untersuchung verwendet. Als Datenbasis dienten auch in dieser Untersuchung die Gutachten und Berichte von Bezirksämtern zu urbanen Böden in beiden Gebieten. Aus

diesen Gutachten und Berichten wurden Datensätze zu Bodeneigenschaften und anderen Eigenschaften wie Trümmerschuttstandorten, Asche- und Schlackefläche und Industriemüllfläche erfasst, die relativ gleichmäßig und zufällig über Flächen verteilt sind.

Tab. 2: Karten und Datengrundlage für die Metropolregion Nürnberg-Fürth-Erlangen-Schwabach

Karten und Datengrundlage	Maßstab	Jahr/Stand	Untersuchungsgebiet
Flächennutzungsplan	1:10.000	1970, 2006, 2015	Fürth
	1:5.000	1985	Schwabach
	1:10.000	2015	
	1:10.000	2015	Erlangen
	1:10.000	1969	Nürnberg
	1:2.000	2006	
Bodenkarte	1:25.000	2015	Fürth, Schwabach, Erlangen, Nürnberg
Bodenschätzungskarte	1:25.000	2001, 2012	Fürth, Schwabach, Erlangen, Nürnberg
Topographischen Karte	1:25.000	1966, 1976, 1987, 1994	Fürth
	1:25.000	1969, 1977, 1988, 2004	Schwabach
	1:25.000	1971, 1983, 1992, 1997	Erlangen Nord
	1:25.000	1962, 1982, 1988, 1993, 1998	Erlangen Süd
	1:25.000	1962, 1978, 1987, 1994, 1998	Nürnberg
Geologische Karte	1:25.000	2015	Fürth, Schwabach, Erlangen, Nürnberg
Statistisches Jahrbuch und Statistiken des Bayerischen Landesamts für Statistik und Datenverarbeitung		2014, 2015	Fürth
		2015	Schwabach
		2012, 21013, 2014, 2015	Erlangen
		1965, 2013, 2014, 2015	Nürnberg

Durch die vollständige Überarbeitung der Geometrie entstanden bei den Themen Versiegelungsgrad und aktuelle Bodennutzung Informationsverluste. Versiegelungsgrad sowie Bodennutzung und Bodenbedeckung wurden neu bestimmt. Eine Neuaufnahme der aktuellen Bodennutzung hat eine weitere multitemporale Auswertung von Satellitenbildern erfordert. Berücksichtigt wurden in dieser Untersuchung nur die Bodennutzung und Bodenbedeckung im Jahr 2015. Dabei wurden die Landsatbilder, die im Mai erhoben wurden, verwendet, um die Nutzungsmerkmale der Oberfläche zu verstärken. Durch den Prozess der überwachten digitalen Klassifikation von Landsat 8 (OLI) konnte somit die Bodennutzung und Bodenbedeckung für das Jahr 2015 ermittelt werden. Von besonderer Bedeutung zur Interpretation der Verbreitung der Böden ist die Informationsebene der aktuellen Bodennutzung. Die Untersuchungsgebiete wurden bei der Klassifizierung der Bodennutzung und Bodenbedeckung basierend auf der Klassifikation der Landsatbilder in fünf Hauptkategorien (Baufläche, Grün- und Freifläche, Wald, landwirtschaftliche Fläche und Wasser) unterteilt.

Die geologischen Karten geben auch Hinweise auf die Zusammensetzung, Verbreitung, Alter und Entstehung des Ausgangsmaterials der Bodenbildung. Die Geologie wird mit Hilfe des ArcGIS durch eine Verschneidung in die räumlichen Daten der Böden eingearbeitet. Ausgewählt wird die Geologische Skizze im Maßstab 1:50.000 für das Stadtgebiet Berlin und 1:25.000 für die Region ENFS, da diese Karten flächendeckend für die gesamte Untersuchungsgebiete in digitaler Form vorliegen. Die geologische Karte des Stadtgebiets Berlin im Maßstab 1:10.000 ist nicht flächendeckend, aber sie wurde auch zur Interpretation der Bodengenese im Innenstadtbereich verwendet.

4 Räumliche Verbreitung dominanter Bodentypen

4.1 Räumliche Verbreitung in der Metropole Berlin

Die im Stadtgebiet Berlin vorkommenden Bodentypen sind (nach der Konzeptkarte der „Bodengesellschaften“ des 1:50.000):

Die „naturnahen Böden“ sind Parabraunerden, Fahlerden, Braunerden, Rostbraunerden, Podsolbraunerden, Podsole, Gleye und moorige Böden. Diese durch Menschen wenig beeinflussten Böden mit einer langen Entwicklungsgeschichte sind durch ihre charakteristischen Bodentypen, geomorphologische Bildung, Substrat/Bodenart und Beeinflussung des Wassers gekennzeichnet. Die

„anthropogenen Böden“ des Berliner Stadtgebietes sind Lockersyrosem, Regosol und Pararendzina. Diese Böden entwickeln sich sowohl auf Abtragungsflächen aus natürlichen Bodenmaterialien (natürlich anstehenden Gesteinen) als auch auf Flächen aus nicht natürlichen Materialien (anthropogene geschüttete Materialien). Aufgrund der intensiven anthropogenen Eingriffe auf den Boden sind die anthropogenen Böden Lockersyrosem, Regosol und Pararendzina weit verbreitet. Das Ausgangsmaterial zur Entwicklung der natürlichen Böden, die 44 % der Fläche des Stadtgebiets beträgt, besteht in erster Linie aus eiszeitlich geprägten Lockersedimenten (Talsand, Flugsand, Geschiebesand), die unterschiedlichen naturräumlichen Einheiten angehören (19 % Berliner Urstromtal, 16 % Grundmoränenhochfläche, 6 % Dünenlandschaft und 3 % fluvioglaziale Schmelzwasserrinnen). Die anthropogenen Böden im Stadtgebiet Berlin machen 56 % der gesamten Fläche der Stadt aus.

4.2 Räumliche Verbreitung in der Metropolregion Erlangen-Nürnberg-Fürth-Schwabach

Die Böden in der Region sind von dem Bayerischen Landesamt für Umwelt flächendeckend untersucht worden. Nach der Konzeptkarte der „Bodengesellschaften“ des 1:25.000 dieser Region werden 13 verschiedene Bodenarten (inklusive Übergangsformen) in der Region unterschieden. Die Auswertung der Bodeninformationen dieser Untersuchung zeigt, dass die Bodenformen in der Region, als kleinste systematische Einheiten zur Ermittlung von Bodenarten und Bodentypen in Abhängigkeit vom unterschiedlichen Substrat (Gesteinsvorkommen) und den örtlich sehr unterschiedlichen Standortverhältnissen stark variieren können. Die Klassifizierung und Benennung der Böden folgte den Vorschlägen der AG BODENKUND (1994, 2005).

Die Böden der Region haben in den letzten 100 Jahren durch Bebauung (Versiegelung) oder Umlagerung gravierende Veränderungen erfahren. Auch die massiven Kriegseinwirkungen (große Anzahl an wiederverfüllten Bombentrichtern, Trümmerschuttablagerungen) haben – vor allem in dicht bebauten städtischen Räumen der Region – zu Veränderungen der Bodenstruktur beigetragen. Die den dicht bebauten Bereichen der Region, vor allem in den Stadtgebieten Nürnberg und Erlangen werden bodenkundlich nicht differenziert, d. h. sie wurden nicht kartiert. Als Böden im bebauten Bereich werden die Böden definiert, die als Siedlungs- und Verkehrsfläche genutzt werden. Diese Böden werden nach Grad der Versiegelung als bebaute Flächen (Versiegelungsgrad > 70 %), vorwiegend in den Altstadtbereichen und besiedelten Flächen mit anthropogen überprägten Bodenformen (Versiegelungsgrad < 70 %) differenziert.

Die vorherrschenden Bodentypen in der Region sind: Braunerde, Parabraunerde, Pseudogley, Anmoorgley, Gley, Niedermoorgley, Auengley, Vega, Podsol, Pelosol, Kolluvisol, Regosol, A-C-Böden aus Aufschüttungen oder auf Abgrabungen. Die natürlichen und naturnahen Böden nehmen 67 % des Stadtgebiets ein. Das Ausgangsgestein zur Entwicklung dieser Böden besteht aus Talsediment (Sand, Schluff, Lehm), Flugsanddecke, Terrassenmaterial (Sand, Lehm) und Auensediment (Sand). Diese Böden sind in unterschiedlichen naturräumlichen Einheiten mit unterschiedlichen Anteilen (27,16 % Verebnungen und Hänge, 19,50 % Hangbereiche, 9,00 % ebene bis schwach geneigte Terrassenflächen, 6,24 % Täler und Mulden, 5,10 % Auenbereich) verbreitet. Die anthropogenen Böden nehmen 33 % der gesamten Fläche der Region ein. Rund 31 % dieser anthropogenen Böden sind versiegelte Böden und anthropogene Aufschüttungen. Der restliche Anteil dieser Böden (2 %) besteht aus Kolluvisol, Pararendzina und Regosol, die sich in Tälern und Mulden sowie an den Hangbereichen der Region befinden.

5 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

5.1 Einteilung der Böden nach ihrer Genese

Im Folgenden werden die Bodeneinheiten, die in den räumlichen Daten (Geometrie) als digitale Einheiten der Bodengesellschaften für die Stadt Berlin und die Region ENFS bestimmt sind, mit Hilfe der bereits beschriebenen Methoden in Gruppen gleicher Genese in den beiden Untersuchungsgebieten eingeteilt und im Vergleich diskutiert. Die Bodendaten und ihre Auswertung lassen sich folgenden Hauptgenesegruppen zuordnen (Karte 1 und Karte 2). Tab. 3 gibt eine zusammenfassende Darstellung der Genesegruppen mit den jeweiligen Bodentypen und den Ausgangssubstraten der Bodenbildung in beiden Untersuchungsgebieten:

5.1.1 Böden überwiegend natürlicher Litho- und Pedogenese

Die Böden überwiegend natürlicher Litho- und Pedogenese haben sich in autochthonem Substrat in Stadtgebieten entwickelt und unterscheiden sich in ihrem Aufbau nicht von den Böden außerhalb der Stadtgebiete. Sie werden daher wie die natürlichen Böden nach der KA5 klassifiziert (AKS 1997a, AKS 1997b, HELMES 2004, AG BODENKUNDE 2005). Allerdings können diese Böden im Oberboden durch erhöhten Eintrag von Luftschadstoffen und Abfällen im Gegensatz zu den natürlichen Böden belastet sein (HELMES 2004).

Der Gruppe der Böden überwiegend natürlicher Litho- und Pedogenese werden die Böden zugeordnet, die einer überwiegend natürlichen Entwicklung unterliegen. Diese Böden weisen in beiden Untersuchungsgebieten fehlende technogene Beimengungen im Unterboden auf, die darauf hinweisen, dass die Böden nicht umgelagert wurden. Diese Böden weisen auch das Fehlen von technogenen Horizonten auf, was die Vorstellung untermauert, dass sich die Böden in natürlichem, autochthonem Substrat entwickelten. Der menschliche Einfluss beschränkt sich auf die Krume, wobei meistens ein mächtiger humoser Oberboden, wie er für Gartenböden typisch ist, fehlt. Die Böden dieser Gruppe, die sehr extensive Gartennutzung bzw. eine frühere landwirtschaftliche Nutzung erlebten, weisen vor allem im Stadtgebiet Berlin vereinzelte technogene Beimengungen auf, die in Form von Kohle, Schlacke, Glas oder Ziegel in den Oberboden eingebracht wurden, während die Böden in der Region ENFS, die noch der landwirtschaftlichen Nutzung und Gartennutzung unterliegen, diese technogenen Beimengungen viel weniger aufweisen. Da das Pflügen des Ackerlands sich auf den Oberboden beschränkt und somit die oberen 30 cm des Bodens prägt, wird dieser Vorgang nicht als anthropogene Pedogenese verstanden; der Boden ist als natürlicher Boden anzusprechen (HELMES 2004, AG BODENKUNDE, 2005).

Typische Vertreter dieser Böden, die im Oberboden technogene Beimengungen aufweisen, sind die Bodentypen Pseudogley, Braunerde und pseudovergleyte Braunerde in der Region ENFS und Braunerde, Gley-Braunerde und Parabraunerde-Braunerde im Stadtgebiet Berlin. Die Böden dieser Gruppe betragen 66, 13 % der kartierten Fläche der Metropolregion ENFS, während diese Böden nehmen 42 % der Metropole Stadt Berlin ein (Tab. 3).

5.1.2 Böden anthropogener Pedogenese

Die Böden anthropogener Pedogenese haben durch unmittelbare Arbeit des Menschen eine so starke Umgestaltung im Profilaufbau erfahren, dass die ursprüngliche Horizontierung verloren ging. Der direkt oder indirekt wiederholte Einfluss des Menschen wird als bodenbildender Prozess aufgefasst und die sich daraus entwickelten Böden werden in einer eigenen Klasse "Terrestrische anthropogene Böden" oder "Terrestrische Kultosole" zusammengefasst (AKS 1997a, AKS 1997b, AG BODENKUNDE 2005). Die Einflüsse des Menschen können durch die Rodung von Wäldern und ihrer Folgen, dem Ackerbau (Pflugarbeit), der Gartennutzung oder durch den Umbruch und die Nutzbarmachung von Mooren herrühren. Diese Böden bilden eine Vielzahl von Bodentypen in

städtischen Räumen (AKS 1997a, AKS 1997b, BURGHARDT 2002, AG BODENKUNDE 2005), von denen in dieser Untersuchung lediglich die Gartenböden (Hortisole), Friedhofsböden (Nekrosole) und die Ackerbauböden (Kolluvisole, Regosol-Pelosol) von Bedeutung sind.

Die Garten- und Ackerböden in beiden Gebieten weisen das Fehlen technogener oder fossiler Horizonte sowie technogener Beimengungen im Unterboden auf. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Böden im natürlich anstehenden Ausgangssubstrat entwickelten. Die unterhalb des humosen Oberbodens liegenden Horizonte sind natürlich entwickelt und meist scharf abgegrenzt. Diese Böden haben sich durch langjährige intensive Bearbeitung entwickelt, die bis heute Grundlage für Landwirtschaft und Gartenbau in der Region ENFS sind, während im Stadtgebiet Berlin diese Böden heute mehr oder weniger intensiv gartenbaulich genutzt werden. Die Gartenböden, die einer Gartennutzung unterlagen bzw. noch unterliegen, weisen vor allem im Stadtgebiet Berlin Humusverlagerungsprozesse entlang Wurzelbahnen und Regenwurmröhren auf. Diese Prozesse unterstützen die Vermutung einer erhöhten biologischen Aktivität im mächtigen humosen Oberboden, der durch langjährige Gartenkultur als Folge der intensiven Bearbeitung und früher weit verbreiteter Düngung geformt wurde. Die ungleichmäßige Mischung von Ober- und Unterbodenmaterial ist typisch für Friedhofsböden. Die Böden bezeichnet man als Nekrosole (AKS 1997a, AKS 1997b). Die Böden der Friedhöfe sind im Stadtgebiet Berlin durch eine stärkere Heterogenität als in der Region ENFS gekennzeichnet.

Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung der Böden anthropogener Pedogenese wechselt zwischen Sand, Schluff und Lehm in der Region ENFS und zwischen Sand (Flug und Talsand) und Mergel (Geschiebemergel) im Stadtgebiet Berlin. Die Böden anthropogener Pedogenese nehmen 6,85 % des Stadtgebietes Berlin und 2,30 % der kartierten Fläche der Region ENFS ein (Tab. 3).

5.1.3 Böden anthropogener Lithogenese

Die Böden anthropogener Lithogenese sind geprägt durch den anthropogenen Auftrag von bodenbildenden Substraten, der meist ein einmaliger Vorgang ist. Dabei unterscheidet man umgelagertes, natürliches Substrat, technogenes Substrat und Mischungen aus beiden. Die verschiedenen Auftragsschichten zeigen dabei unterschiedliche Mächtigkeiten und Zusammensetzungen, wodurch sehr heterogene Böden entstehen. Der Eingriff des Menschen beschränkt sich hier auf die Veränderung des bodenbildenden Substrates. Nach Beendigung des Auftragsprozesses (Ende der Umlagerung) unterliegt das Ausgangsmaterial einer natürlichen Pedogenese.

Die sich daraus entwickelnden Böden sind analog den natürlichen Böden zu klassifizieren (AKS 1997a, AKS 1997b, AG BODENKUNDE 2005). Hier liegt anthropogen umgelagertes Bodenmaterial über einer natürlichen Bodenbildung. Als Auftragsmaterialien können sowohl natürliche und technogene Substrate als auch Mischungsformen aus beiden auftreten. Als technogene Substrate bezeichnet man alle künstlichen Materialien, die vom Menschen technisch geschaffen oder stark verändert wurden, wie Bau- und Trümmerschutt (Straßenaufbruch, Beton, Mörtel, Ziegel), Schlacken (Stahlwerksschlacken, Gießereischlacken, etc.), Müll (Hausmüll, Sperrmüll, etc.), Klärschlamm, Aschen oder auch Substrate der Bodenreinigung (AKS 1988, AKS 1989, AKS 1997a, AKS 1997b, BURGHARDT 1996, MEUSER 1993, MEUSER 1996a, MEUSER 1996b; SCHEFFER et al. 2010).

Die Eigenschaften dieser meist jungen Böden hängen sehr stark vom Ausgangssubstrat ab. Daher lassen sich in hier untersuchten Gebieten die Böden anthropogener Lithogenese nach dem Ausgangssubstrat der Bodenbildung weiter differenzieren in:

- a) Böden anthropogener Lithogenese aus umgelagertem natürlichem Substrat mit zahlreichen technogenen Beimengungen im gesamten Profilverlauf

Die Böden dieser Subgruppe zeichnet sich in beiden Gebieten durch eine tiefgreifende Umlagerung des natürlichen bodenbildenden Substrates bei gleichzeitiger Einmischung größerer Mengen

technogener Materialien in Ober- und Unterboden aus. Von einer tiefgreifenden Umlagerung des Substrates kann in allen Fällen ausgegangen werden, da bis zur Tiefe von 1m (Aufnahmetiefe) technogene Beimengungen auftreten. Aufgrund des Fehlens technogener oder fossiler Horizonte bilden diese Böden in beiden Gebieten eine eigene Genesegruppe. Eine aktuelle anthropogene Pedogenese durch gartenbauliche Tätigkeit liegt aufgrund der aktuellen Nutzung dieser Böden, vor allem im Stadtgebiet Berlin, als Grün- und Freiflächen (Freizeitgarten) ohne Nutzgartenanteil und Mischnutzungen (Wohnen, Handel, Dienstleistungen, Gewerbe) nicht vor. Hier zeigen Humusverlagerungsprozesse entlang Wurzel- und Regenwurmbahnen eine verhältnismäßig lange Ruhezeit an, aber eine ehemalige gartenbauliche Nutzung dieser Böden kann allerdings, insbesondere in der Region ENFS, nicht ausgeschlossen werden.

Als typische Bodentypen dieser Böden treten Pararendzina, Braunerde-Pararendzina und A-C-Böden in der Region ENFS mit großmächtigem Mutterbodenauftrag sowie Pararendzina, Lockersyrosem und Regosol mit geringmächtigem Mutterbodenauftrag im Stadtgebiet Berlin auf. Die Böden dieser Subgruppe nehmen 37,6 % der gesamten Fläche des Stadtgebiets Berlin ein, während diese Böden nur 0,64 % der kartierten Fläche in der Region ENFS ausmachen (Tab. 3).

b) Böden anthropogener Lithogenese aus umgelagertem natürlichem Substrat mit technogenen Beimengungen und eingeschalteten technogenen Horizonten

Die Böden anthropogener Lithogenese mit technogenen Horizonten zeichnet sich ebenfalls durch eine tiefgreifende anthropogene Überprägung der bodenbildenden Substrate aus. Das besondere Merkmal dieser Böden sind die eingeschalteten technogenen Horizonte (HELMES 2004). Als technogen werden die Horizonte der Böden in beiden Untersuchungsgebieten bezeichnet, die mehr als 50 Vol. % technogene Substrate enthalten. Darüber hinaus treten im gesamten Profilverlauf technogene Beimengungen mit unterschiedlicher Mächtigkeit auf. Die Anteilsverteilung der technogenen Substrate liegt in natürlichem Substrat der Horizonte zwischen 10-90 % von oben nach unten zunehmend. Anthropogen abgelagert wurden natürliche und technogene Substrate sowie Mischungen aus beiden. Die Böden dieser Subgruppe weisen, vor allem im Stadtgebiet Berlin, das Fehlen der natürlichen Horizontierung auf. Diese Böden zeigen an Stelle pedogener Horizonte verschiedene Ablagerungsschichten, die scharf abgegrenzt sind. Jedoch können fossile Horizonte nicht festgestellt werden. In diesen Böden kann, vor allem in der Region ENFS, die Auffüllung noch wesentlich mächtiger sein, oder es wurde der gesamte Boden abgetragen, umgelagert und/oder vermischt. Ein Mutterbodenauftrag als Abschluss der anthropogenen Aufschüttung ist in allen Fällen sehr wahrscheinlich. Diese Böden sind von ihrer pedogenen Entwicklung her als junge Böden einzustufen. Ihre Eigenschaften sind sehr stark durch das jeweilige Ausgangssubstrat gekennzeichnet. Die Böden dieser Subgruppe weisen in dem Stadtgebiet Berlin stärkere Heterogenität als in der Region ENFS auf.

Als Bodentypen dieser Gruppe sind Pararendzina, Lockersyrosem, Regosol und Syrosem aus Aufschüttungen von Sand, Industrie-, Bau- und Trümmerschutt im Stadtgebiet Berlin und A-C-Böden aus Aufschüttungen und umgelagertem natürlichem Sand auf Schutt- und Mülldeponien in der Region ENFS zu nennen. Die Böden dieser Subgruppe machen 21,90 % der Fläche von Berlin aus, während sie 1,56 % der kartierten Fläche der ENFS einnehmen (Tab. 3).

Tab. 3: Verteilung der natürlichen und anthropogenen Böden nach ihrer Genese im Stadtgebiet Berlin und der Region ENFS

Einteilung der Böden nach ihrer Genese	Berlin			Erlangen		
	%	typisches Bodentyp	typisches Ausgangssubstrat	%	typisches Bodentyp	typisches Ausgangssubstrat
Böden überwiegend natürlicher Litho- und Pedogenese	41,94	Braunerde, Gley-Braunerde, Parabraunerde-Braunerde	Sand, Mergel, Lehm	66,13	Pseudogley, Braunerde, pseudovergleyte Braunerde	Schluff, Lehm, Sand
Böden überwiegend anthropogener Pedogenese	6,85	Hortisol, Nekrosol	Sand, Mergel	2,10	Regosol-Pelosol, Kolluvisol, Nekrosol	Sand, Schluff, Lehm
Böden anthropogener Lithogenese mit technogenen Beimengungen	18,97	Pararendzina, Lockersyrosem, Regosol	Sand, Mergel, Bauschutt	1,70	Pararendzina, Braunerde-Pararendzina, A-C-Böden	Sand, Mergel, Bauschutt
Böden anthropogener Lithogenese mit technogenen Horizonten	21,92	Pararendzina, Lockersyrosem, Regosol, Syrosem	Aufschüttungen von Sand, Industrie-, Bau- und Trümmer-schutt	0,075	A-C-Böden	Aufschüttungen von Sand

5.2 Verteilung von Böden in Abhängigkeit von ihrer Nutzung

Zur Verteilung der natürlichen Böden und anthropogenen Böden nach ihrer Nutzung wurden die beiden Untersuchungsgebiete in die vier Hauptkategorien Baufläche, Grün- und Freifläche, Wald, landwirtschaftliche Fläche in Abhängigkeit von der Landnutzung und -bedeckung unterteilt. Die Berechnungen der Flächenanteile der natürlichen Böden und anthropogenen Böden nach ihrer Nutzung basieren auf der Verschneidung der überwachten digitalen Satellitenbildklassifikation und der Bodenkzeptkarten der beiden Untersuchungsgebiete. Die Tab. 4 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die Anteile der Verteilung der Böden nach den Nutzungsarten bezogen auf die Gesamtfläche der beiden Untersuchungsgebiete.

Wie aus Tab. 4 zu entnehmen ist, nimmt die Flächennutzung „bebaute Fläche“ die größten Anteile von natürlichen und anthropogenen Böden in beiden Untersuchungsgebieten ein. Im Stadtgebiet Berlin betragen die anthropogenen Böden 46,98 % und die natürlichen Böden 9,40 % der gesamten Fläche, aber in der Region ENFS nehmen die anthropogenen Böden 27,65 % und die natürlichen Böden 25,90 % der gesamten Fläche der Region ein. Die bebaute Flächennutzung konzentriert sich vor allem auf die Bodentypen Lockersyrosem, Regosol, Pararendzina (18,36 Flächen-%) und Braunerde, Gley-Braunerde, Parabraunerde-Braunerde (3,68 Flächen-%) im Stadtgebiet Berlin, während sich in der Region ENFS diese bebaute Flächennutzung vor allem auf die besiedelten Flächen mit anthropogen überprägten Bodenformen (25,80 Flächen-%) und die Bodentypen Braunerde, Pseudogley, Gleye (21,40 Flächen-%) konzentriert. Es kann daraus abzuleiten, dass die Landnutzung „bebaute Fläche“ in der Region ENFS einen größeren Anteil (16,5 %) von natürlichen Böden als im Stadtgebiet Berlin einnimmt. Die Böden der Landnutzung „Grün- und Freifläche“ betragen 15,38 % im Stadtgebiet Berlin und 12,2 % in der Region ENFS. Die natürlichen Böden nimmt davon eine beträchtliche Fläche ein, so dass diese Böden ca. 76 % des Grün- und Freiflächenbestands im Stadtgebiet Berlin und 78,5 % des Grün- und Freiflächenbestands in der Region ENFS einnehmen. Die Grün- und Freiflächen konzentriert sich vor allem auf die natürlichen Bodentypen Braunerde, Parabraunerde-Braunerde, Gley-Braunerde im Stadtgebiet Berlin, die 8 % der gesamten Fläche dieses Gebiets einnehmen, und auf Vega, Braunerde, Pseudogley in der Region ENFS, die etwas mehr als 8,5 % dieser Region ENFS ausmachen. Die anthropogenen Böden nehmen 50 % der „Landwirtschaftlich genutzten Flächen“ (Ackerland) im Stadtgebiet Berlin ein und sie konzentrieren sich vor allem auf den Bodentyp Regosol, der ca. 80 % dieser Landwirtschaftlich genutzten anthropogenen Böden im Stadtgebiet einnimmt, während diese Böden einen prozentualen Flächenanteil 1,5% in der Region ENFS einnehmen. Diese landwirtschaftlich ge-

nutzten anthropogenen Böden in der Region ENFS konzentrieren sich vor allem auf die Bodentypen Regosol und Regosol-Pelosol. Diese beiden Bodentypen nehmen die etwa 68 % der Landwirtschaftlich genutzten anthropogenen Böden in der Region ENFS und ca. 0,92 % der gesamten Fläche dieser Region ein. Die Waldflächen, die 16 % der gesamten Fläche des Stadtgebiets Berlin und 14,79 % der gesamten Fläche der Region ENFS einnehmen, verbreiten sich vor allem auf den natürlichen Böden in beiden Untersuchungsgebieten. Der Flächenanteil dieser natürlichen Böden liegt im Stadtgebiet Berlin bei rund 14,9 % und in der Region ENFS bei 13,5 %. Diese natürlichen Böden konzentrieren sich insbesondere auf die Bodentypen Regosol und Gley-Regosol im Stadtgebiet Berlin, die 62,55 % dieser Waldfläche und 9,32 % der gesamten Fläche Berlins einnehmen, während sich diese Böden in der Region ENFS insbesondere auf die Bodentypen Podsol, Podsol-Braunerde, Gley konzentrieren und 66,02 % des Waldflächenbestands und 8,92 % der gesamten Fläche dieser Region ausmachen. Der Anteil der anthropogenen Böden liegt bei 1,55 % der gesamten Fläche des Stadtgebiets Berlin und bei 1,28 % der gesamten Fläche der Region ENFS. Diese anthropogenen Böden konzentrieren sich vor allem auf den Bodentyp Regosol in den beiden Untersuchungsgebieten.

Tab. 4: Verteilung der natürlichen Böden und anthropogenen Böden nach ihrer Nutzung im Stadtgebiet Berlin und der Region ENFS

Landnutzung und -bedeckung		Verteilung der Böden nach ihrer Nutzung 2015			
		Berlin		Erlangen	
		typisches Bodentyp	%	typisches Bodentyp	%
Bebaute Fläche	anthropogene Böden	Lockersyrosem, Regosol, Pararendzina	46,98	Bebaute und besiedelte Flächen mit anthropogen überprägten Bodenformen (bodenkundlich nicht differenziert)	27,65
	natürliche und naturnahe Böden	Braunerde, Gley-Braunerde, Parabraunerde-Braunerde	9,40	Braunerde, Pseudogley, pseudovergleyte Braunerde, Gleye	25,90
Grün- und Freifläche	anthropogene Böden	Pararendzina, Lockersyrosem, Regosol, Syrosem, Hortisol	3,00	Bebaute und besiedelte Flächen mit anthropogen überprägten Bodenformen (bodenkundlich nicht differenziert), A-C-Böden, Regosol, Braunerde-Regosol	2,16
	natürliche und naturnahe Böden	Braunerde, Gley-Braunerde, Parabraunerde-Braunerde, Niedermoor, Gley-Niedermoor	12,38	Vega, Braunerde, Pseudogley, Gley, Braunerde-Gley	10,04
Landwirtschaftlich genutzte Flächen (Ackerland)	anthropogene Böden	Regosol, Pararendzina, Hortisol	1,20	Regosol, Regosol-Pelosol, Braunerde-Regosol	1,50
	natürliche und naturnahe Böden	Parabraunerde, Braunerde, Gley-Braunerde	1,26	Braunerde, Podsol-Braunerde, Pseudogley, Braunerde-Pseudogley, Braunerde-Gley	15,94
Wald	anthropogene Böden	Regosol, Gley-Regosol, Pararendzina, Regosol, Parabraunerde-Regosol	1,55	Regosol, Braunerde-Regosol, Regosol-Pelosol, Kolluvisol	1,28
	natürliche und naturnahe Böden	Podsol-Braunerde, Braunerde, Gley-Braunerde	15,9	Podsol, Braunerde, Podsol-Braunerde, Pseudogley, Gley	13,51

6 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur bisher nur wenig erforschten Ableitung von räumlichen Verbreitungsmustern auf Basis von Bodengenese und Nutzung in metropolen Regionen und zeigt einen weiteren Weg zur Untersuchung städtischer Böden.

Die Diskussion der Bodenart auf Grundlage der Genesegruppen ergibt für die untersuchten Böden folgende Schlussfolgerungen:

- Die natürlichen und anthropogenen Böden in der Region ENFS wechseln kleinräumig sehr viel stärker als im Stadtgebiet Berlin. Die Böden im Stadtgebiet Berlin sind überwiegend

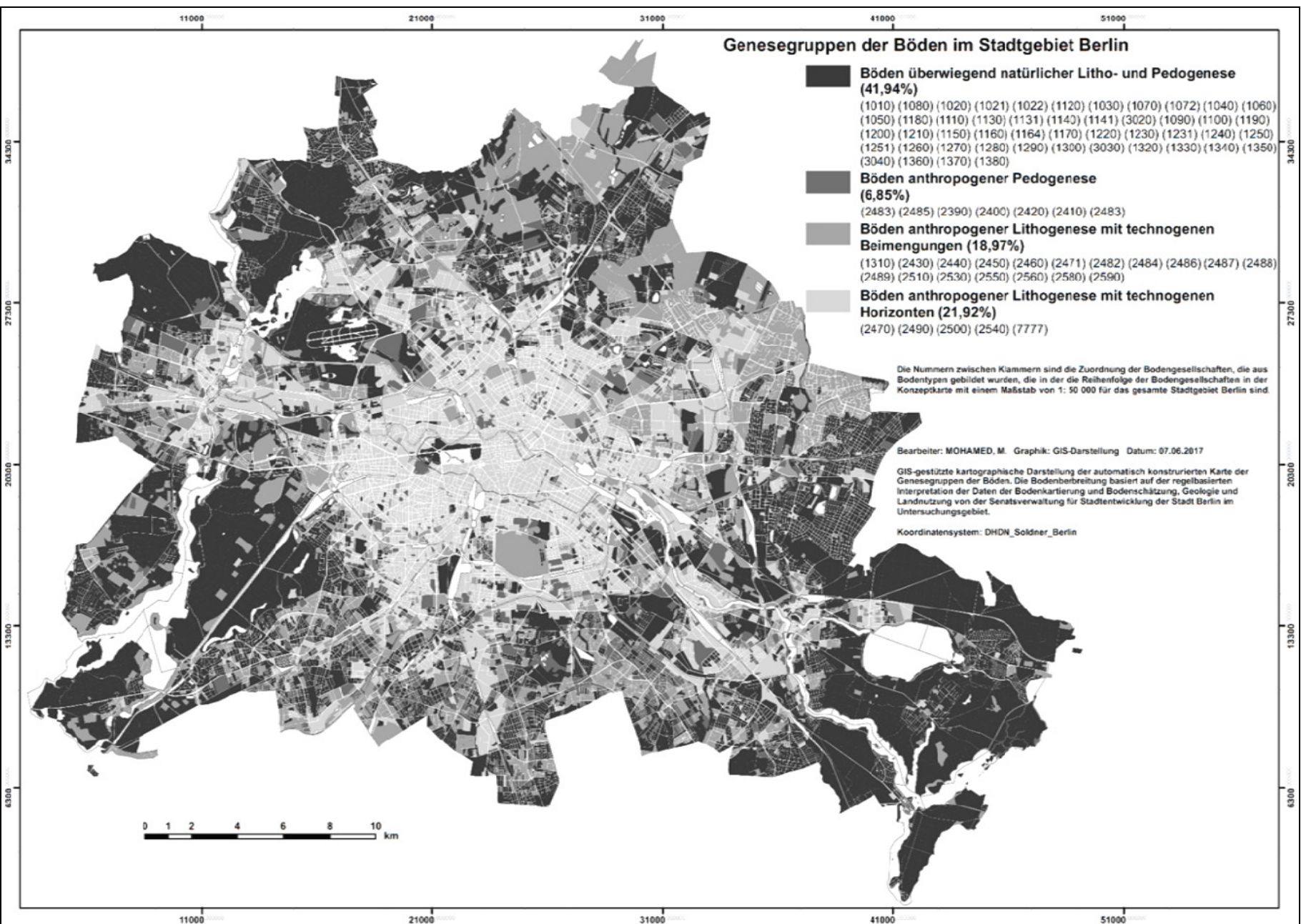
durch sandige Bodenarten geprägt, während die Böden in der Region ENFS überwiegend durch schluffige bis sandige Bodenarten geprägt sind.

- Die überwiegend natürlich entwickelten Böden im Stadtgebiet Berlin zeigen im Vergleich zu den Böden in der Region ENFS geringe Schluff- und Tonanteile, während diese Böden hohe summierte Schluff- und Tonanteile in der Region ENFS aufweisen, die vermutlich auf das Vorkommen von Lösslehmdeckschichten zurückzuführen sind.
- Anthropogene Pedogenese führt in beiden Untersuchungsgebieten zu einer geringen bis mittleren Erhöhung der Tonanteile in den Böden des Stadtgebiets Berlin und zu einer geringen bis mittleren Erhöhung der Schluff- und Tongehalte in der Region ENFS.
- Die Böden anthropogener Lithogenese mit technogenen Beimengungen verfügen ebenfalls über lediglich geringe mittlere Tongehalte im Stadtgebiet Berlin und geringe mittlere Schluff- und Tongehalte in der Region ENFS. Sie entwickelten sich in umgelagertem natürlichem Material, wobei größere Mengen technogener Substrate beigemischt wurden. Diese technogenen Bestandteile scheinen allerdings auf die Bodenartenzusammensetzung keinen Einfluss zu haben. Aufgrund der gleichmäßigen Vermischung ist der Unterschied zwischen Ober- und Unterboden nur schwach ausgebildet.
- Im Gegensatz dazu weisen die Böden anthropogener Lithogenese mit technogenen Horizonten in beiden Untersuchungsgebieten, die in den großen Grünflächen der Landnutzung „Grün- und Freifläche“ in zwischen den einzelnen öffentlichen Gebäuden der Landnutzung „bebaute Fläche“ verbreitet sind, aufgrund des Auftragens von fremdem Mutterbodenmaterial hohe Schluff- und Tongehalte im Oberboden auf. Im Unterboden können die Gehalte aufgrund eingeschalteter technogener Horizonte ebenfalls erhöht sein.

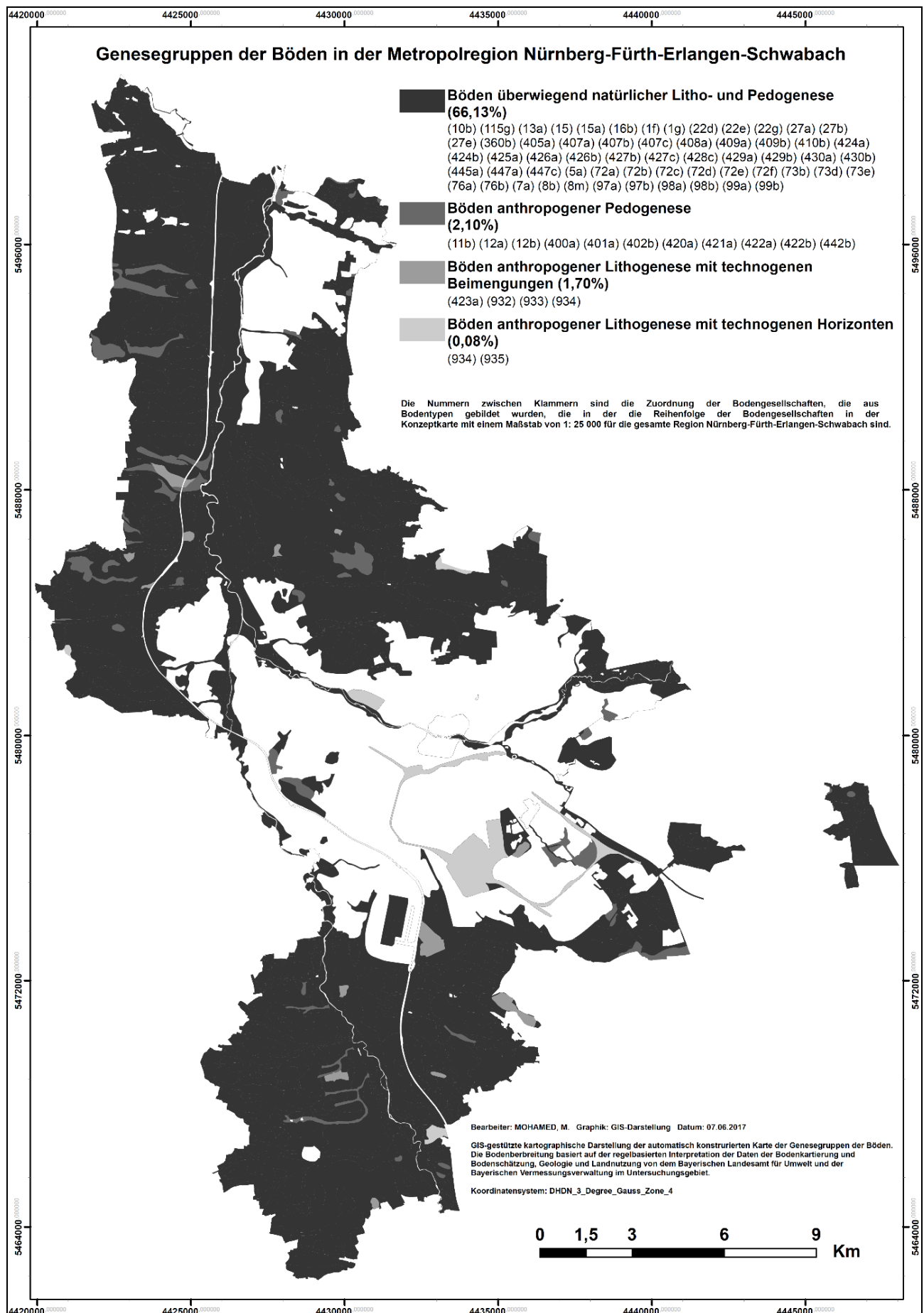
Die Diskussion der untersuchten Böden nach der Verteilung der Nutzungsanteile mit Hilfe der überwachten digitalen Satellitenbildklassifikation und der Bodenkonzeptkarten ergibt für die untersuchten Böden folgende Schlussfolgerungen:

- Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Genesegruppe und Nutzung der Böden kann in beiden untersuchten Gebieten nachgewiesen werden, aber aufgrund der langen und intensiven anthropogenen Nutzung sind die anthropogenen Böden im Stadtgebiet Berlin sehr heterogener als in der Region ENFS aufgebaut.
- Es gibt einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Verlust der natürlichen Böden und der bebauten Flächennutzung, so dass diese Böden in der Region ENFS einen größeren Flächenverlust durch die Siedlungsentwicklung ENFS als im Stadtgebiet Berlin aufweisen.

Diese Arbeit zeigt einen weiteren Weg zur Untersuchung städtischer Böden. Die Untersuchung der Böden in Stadtgebieten und die Erstellung von Karten der Genesegruppen nach der hier vorliegenden Vorgehensweise erleichtert die Interpretation und Auswertung der Ergebnisse der weiteren Bodenuntersuchungen in diesen Räumen. In diesem Zusammenhang bilden die Genesegruppen die Grundlage für die Auswertung der chemischen Eigenschaften von Böden und ermöglicht effiziente bodenkundliche Felderhebungen, die in weiteren Untersuchungen in beiden Untersuchungsgebieten durchgeführt werden.



Karte 1: Genesegruppen der Böden im Stadtgebiet Berlin



Karte 2: Genesegruppen der Böden in der Region Erlangen-Nürnberg-Fürth-Schwabach

8 Literatur

- AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und geologische Landesämter in der BRD (Hrsg.), Hannover.
- AG BODENKUNDE (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und geologische Landesämter in der BRD (Hrsg.), Hannover.
- AKS – ARBEITSKREIS STADTBÖDEN (1988): Substrate und Substratmerkmale von Böden der Stadt- und Industriegebiete. In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 56, Seite 311-315.
- AKS – ARBEITSKREIS STADTBÖDEN (1989): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden). Sekretariat für Bodenbewertung, Kiel.
- AKS – ARBEITSKREIS STADTBÖDEN (1997a): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden). Teil 1: Feldführer. Sekretariat für Bodenbewertung, Kiel.
- AKS – ARBEITSKREIS STADTBÖDEN (1997b): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden). Teil 2: Handbuch. Sekretariat für Bodenbewertung, Kiel.
- ASSMANN, P. (1957): Der Geologische Aufbau der Gegend von Berlin. Zugleich als Erläuterung zur geologischen Karte und Baugrunderkarte von Berlin (West) im Maßstab 1:10.000, Senator für Bau und Wohnungswesen, Berlin.
- BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2009a): Geologie und Böden in Mittelfranken – Zwischen Taubertal und Frankenalb, Augsburg.
- BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2009b): Karten der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten in Bayern, Augsburg.
- BBSG = BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG). - Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214). <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschg/gesamt.pdf>
- BEYER, W.; KRAPPWEIS, S.; MACIUGA, T.; RÄDER, J. & SINZ, M. (2002): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland-Dörfer und Städte, die Metropolregion Berlin-Brandenburg, Seite 166-167
- BLUME, H.-P. (1996): Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume. In: BLUME, H.-P.; FELIX-HENNIGSN, P.; FISCHER, W. R.; FREDE, H.-G.; HORN, R. & STAHR, K. (Hrsg.) (1996): Handbuch der Bodenkunde, ecomed, Landsberg.
- BLUME, H.-P. & SCHLEUSS, U. (Hrsg.) (1997): Bewertung anthropogener Stadtböden. Abschlussbericht des BMBF-Verbundvorhabens der Universitäten Berlin (TU), Halle-Wittenberg, Hohenheim, Kiel und Rostock sowie des „Büro für Bodenbewertung“, Kiel. In: *Schriftenreihe Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Nr. 38, Universität Kiel.
- BURGHARDT, W. (1996): Substrate der Bodenbildung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen. In: ARBEITSKREIS STADTBÖDEN DER DBG (AKS) (Hrsg.): Urbaner Bodenschutz, Berlin.
- BURGHARDT, W. (2002): Diskussionspapier bisher bekannter Stadtböden. In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 99, Seite 3-4.
- EMNM = EUROPÄISCHE METROPOLREGION NÜRNBERG-MONITOR (2012): Zahlen, Karten, Fakten. (unter: www.metropolregion-nuernberg.de/region/daten-fakten)

- GEITNER, C.; TUSCH, M.M. & DITTFURTH, J. (2007): Fachplan Boden der Landeshauptstadt München, Bewertung natürlicher Bodenfunktionen. - Textliche Erläuterungen -, Abschlussbericht des Projekts KATI (Konkrete Anwendung von TUSEC-IP). - Innsbruck, München - Stand April 2007.
- GERSTENBERG, J. & SMETTAN, U. (2015): Erstellung von Karten zur Bewertung der Bodenfunktionen – Umsetzung der im Gutachten von Lahmeyer aufgeführten Verfahren in Flächen-daten, unveröffentlicht, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Berlin - Stand 26. März 2015.
- GRENZIUS, R. & BLUME H.-P. (1983): Aufbau und ökologische Auswertung der Bodengesellschaftskarte Berlin. In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 36, Seite 57-62.
- GRENZIUS, R. (1987): Die Böden Berlins (West), Doktorarbeit, Technische Universität Berlin. Berlin.
- GRENZIUS, R. (1993): Konzeptkarten für den städtischen Raum. In: *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 156, Seite 209-212.
- HELMES, T. (2004): Urbane Böden – Genese, Eigenschaften und räumliche Verteilungsmuster, Eine Untersuchung im Stadtgebiet Saarbrücken. Doktorarbeit, Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- HOLLAND, K. & STAHR, K. (1995): Kartenmäßige Erfassung der Stadtböden von Stuttgart. In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 76, Seite 1077-1080.
- HOLLAND, K. (1996): Stadtböden im Keuperland am Beispiel Stuttgarts. In: *Hohenheimer Bodenkundliche Hefte*, 39, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- KNEIB, W.D. & BRASKAMP, A. (1990): Vier Jahre Stadtbodenkartierung von Hamburg - Probleme und Ergebnisse. – und – SCHEMSCHAT, B. & SPEETZEN, F. (1990): Von der Kartierung zur Karte. beide zusammengefasst In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 61, Seite 97-104.
- KNEIB, W.D. & MIEHLICH, G. (1987): Digitale Boden-ökologische Konzeptkarte als Grundlage für die Bodenschutzplanung am Beispiel Hamburgs. In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 53, Seite 47-53.
- KNEIB, W.D. & SCHEMSCHAT, B. (2004): Bodenschutzrelevante Planungen im urbanindustriellen und suburbanen Raum. In: BLUME, H.P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung – Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, 3. Aufl., Ecomed-Verlag.
- MEKIFFER, B. (2008): Eigenschaften urbaner Böden Berlins Statistische Auswertung von Gutachtendaten und Fallbeispiele, Doktorarbeit, Technischen Universität Berlin, Berlin.
- MEUSER, H. (1993): Technogene Substrate in Stadtböden des Ruhrgebietes. In: *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 156, Seite 137-142.
- MEUSER, H. (1996): Ein Bestimmungsschlüssel für natürliche und technogene Substrate in Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume. In: *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Nr. 159, Seite 305-312.
- MEUSER (1996a): Technogene Substrate als Ausgangsgestein der Böden urbanindustrieller Verdichtungsräume. Dargestellt am Beispiel Essen. In: *Schriftenreihe Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Nr. 35, Universität Kiel. Dissertation.
- MEUSER, H. (1996b): Ein Bestimmungsschlüssel für natürliche und technogene Substrate in Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume. In: *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 159, Seite 305-312.
- MOHAMED, A. M. (2010): Entwicklung eines großmaßstäbigen kartographisch- und GIS-gestützten Bewertungsverfahrens für suburbane Böden in Berlin, Dissertation, Humboldt-Uni. zu Berlin.

- NITZ (2015): Die Entwicklung der Landformen in Berlin und seinem brandenburgischen Umland. Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin
- PREETZ, H. (2003): Bewertung von Bodenfunktionen für die praktische Umsetzung des Bodenschutzes (dargestellt am Beispiel eines Untersuchungsgebiets in Sachsen-Anhalt), Doktorarbeit an der Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.
- RUNGE, M. (1975): Westberliner Böden anthropogener Litho- oder Pedogenese, Dissertation, technischen Universität Berlin. Berlin.
- SCHEFFER, F.; BRÜMMER, G. W.; SCHACHTSCHABEL, P.; HORN, R.; KANDELER, E.; KÖGEL-KNABNER, I.; KRETZSCHMAR, R.; STAHR, K. & WILKE, B.-M. (2010): Scheffer & Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage, Berlin.
- SCHNEIDER, J. (1996): Bodenkartierung im Stadtgebiet von Hannover. In: AKS – ARBEITSKREIS STADTBÖDEN DER DBG (Hrsg.): Urbaner Bodenschutz, Berlin.
- SCHUMACHER, R. (Hrsg.) (1987): Die Region 7 – Industrieregion Mittelfranken, Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen/Salzach.
- SUTTNER, T., GRUBAN, W. & SCHRAA, H. (1993): Stadtbodenkarte München Allach 1:5.000 – Von der Analog- zur Auswertekarte. In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 72, Seite 1073-1076.
- UMWELTATLAS BERLIN (2008): <https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/wasser/geologie/> (Stand: 12.12.2017).
- WOLFF, R. (1993): Erfassung, Beschreibung und funktionale Bewertung der Eigenschaften von Stadtböden am Beispiel Hamburgs, Dissertation, Universität Hamburg.
- WOLFF, R. (1996): Typische Profile Hamburger Böden. In: AKS – ARBEITSKREIS STADTBÖDEN DER DBG (Hrsg.): Urbaner Bodenschutz. Berlin.